

雅鲁藏布河谷上游及青藏高原西南坡蚂蚁物种的分布格局

李彪, 熊忠平, 徐正会, 翟奖, 周雪英, 许国莲

(西南林业大学 生物多样性保护学院 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224)

摘要: 【目的】揭示雅鲁藏布河谷上游和青藏高原西南坡蚂蚁种类及其分布规律, 为青藏高原腹地生物多样性保护积累科学数据。【方法】采用样地调查法研究了雅鲁藏布河谷上游及青藏高原西南坡蚂蚁物种的分布格局。采用采集频次分析法对比研究蚂蚁物种的栖息环境、垂直分布、觅食和筑巢场所等分布格局特征。【结果】共采集蚂蚁 2 亚科 8 属 19 种, 其中雅鲁藏布河谷上游 2 亚科 8 属 13 种, 青藏高原西南坡 2 亚科 8 属 15 种。研究区域蚂蚁以耐寒种类为主, 缺乏耐热物种。物种丰富度与乔木郁闭度和灌木盖度呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 与地被物厚度和海拔高度呈极显著负相关 ($P < 0.01$), 与草本盖度和地被物盖度相关性不显著。蚂蚁对栖息生境的选择不尽相同, 地表是主要的觅食场所, 大部分蚂蚁以石下和土壤内作为筑巢场所。【结论】蚂蚁物种的分布主要受海拔和生境状况影响。食物资源、环境稳定性和热量获取是影响蚂蚁选择生境、觅食和筑巢场所的主要因素。表 6 参 26

关键词: 蚁科; 分布格局; 生境; 觅食; 筑巢; 青藏高原

中图分类号: S718.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2022)03-0590-08

Distribution patterns of ant species from Upper Yarlung Zangbo Valley and southwest slope of Qinghai-Tibet Plateau

LI Biao, XIONG Zhongping, XU Zhenghui, ZHAI Jiang, ZHOU Xueying, XU Guolian

(Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control in Yunnan Province, College of Biodiversity Conservation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: [Objective] This study is aimed to reveal the categorization of ant species and their distribution patterns in the Upper Yarlung Zangbo Valley and southwest slope of Qinghai-Tibet Plateau, and accumulate scientific data for biodiversity conservation of hinterland of the Qinghai-Tibet Plateau. [Method] With the employment of the sample-plot method, an investigation is conducted of the distribution patterns of ant species in the two locations mentioned above. The distribution characters including habitats, foraging and nesting sites of ant species are compared with the method of collecting frequency analysis. [Result] A total of 19 species belonging to 2 subfamilies and 8 genera of Formicidae were recognized, of which 13 species belonging to 2 subfamilies and 8 genera were from Upper Yarlung Zangbo Valley whereas 15 species belonging to 2 subfamilies and 8 genera were from southwest slope of Qinghai-Tibet Plateau. These two areas are abundant in cold-tolerant species but short of heat-tolerant ones. The species richness of ants was extremely significantly positively correlated with canopy density and shrub coverage ($P < 0.01$), and extremely significantly negatively correlated with litter thickness and altitude ($P < 0.01$), but had insignificant correlation with herbal and ground coverage. Different ant species had different preferences in habitats, but most individuals foraged on the ground

收稿日期: 2021-06-02; 修回日期: 2021-11-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31860615, 31260521); 国家自然科学基金委员会应急管理项目子课题 (31750002); 国家科学技术部科技基础性工作专项重点项目子课题 (2015FY210300)

作者简介: 李彪 (ORCID: 0000-0001-5806-753X), 从事森林昆虫学研究。E-mail: 2507430455@qq.com。通信作者: 徐正会 (ORCID: 0000-0003-2415-770X), 教授, 博士, 从事森林昆虫学、蚁类研究。E-mail: xuzhenghui1962@163.com

and nested under stone or in soil. [Conclusion] The distribution of ant species was mainly affected by altitude and habitat conditions whereas their choice of habitats, sites of foraging and nesting was mainly affected by food resources, environmental stability and the quantity of heat. [Ch, 6 tab. 26 ref.]

Key words: Formicidae; distribution pattern; habitat; forage; nest; Qinghai-Tibet Plateau

蚂蚁属于节肢动物门 Arthropoda 昆虫纲 Insecta 膜翅目 Hymenoptera 细腰亚目 Apocrita 蚁科 Formicidae, 是分布最广的一类社会性昆虫^[1], 具有改良土壤性质、帮助植物授粉和传播种子、消解部分小型动物尸体等生态功能, 同时还具有食用和药用价值^[2]。200 多年来, 国内外学者一直关注青藏高原蚂蚁种类的分布, 报道了西藏北部^[3]、喜马拉雅地区^[4]、珠峰地区^[5]、西藏东部和四川西部^[6]、西藏东北部和内蒙古地区^[7]、西藏东南部^[8]的蚂蚁物种及其地理分布, 如唐觉等^[9]记载了 2 种西藏蚂蚁, 周善义^[10]报道了西藏雅鲁藏布大峡谷的蚂蚁物种。对青藏高原蚂蚁分布格局的研究, 目前有藏东南工布自然保护区^[11]、色季拉山^[12]、德姆拉山西坡和波密河谷^[13]、嘎隆拉山及墨脱河谷^[14]、德姆拉山东坡及察隅河谷^[15]、喜马拉雅山珠峰段^[16]等地的报道, 近期还有祁连山国家公园青海片区蚂蚁分布格局的报道^[17]。青藏高原有“世界屋脊”之称, 海拔高差悬殊, 生境类型丰富, 本研究调查并分析了雅鲁藏布河谷上游及青藏高原西南坡蚂蚁物种的分布格局, 以期进一步揭示青藏高原腹地蚂蚁分布规律, 为青藏高原生物多样性保护积累基础科学数据。

1 研究方法

1.1 调查方法

2016 年 8 月和 2019 年 7 月采用样地调查法^[2, 18]分别调查了雅鲁藏布河谷上游、青藏高原唐古拉山口南坡、米拉山口西坡、米拉山口东坡等 4 个垂直带的蚂蚁种类与分布格局, 从南向北依次开展样地调查。沿各个垂直带, 海拔每上升 250 m 选定 1 块 50 m×50 m 的样地, 在样地内沿对角线取 5 个 1 m×1 m 样方, 在各样地内进行搜索调查^[11]。其中前 10 个样地位于雅鲁藏布江河谷上游, 其余位于青藏高原西南坡, 样地概况见表 1。采集到的蚂蚁用无水乙醇制成标本, 带回实验室鉴定分析。

1.2 标本制作及鉴定

依据同种同巢、同种形态相同原则对采集的蚂蚁标本进行归类、编号、登记, 将标本分别制作成三角纸干制标本和浸渍标本, 前者用于分类鉴定, 后者用于分子生物学等研究^[2]。依据主要分类学文献^[2, 19-23]对蚂蚁标本进行鉴定, 尽可能鉴定到种。

1.3 数据分析

采用捕获频次分析法对比研究蚂蚁物种的栖息生境、垂直分布、觅食和筑巢场所等分布格局特征^[11-12]。生态适应幅度依据物种的垂直分布高差划分: <500 m 为狭窄, 500~999 m 为较窄, 1 000~1 499 m 为中等, 1 500~1 999 m 为较宽, ≥2 000 m 为宽阔^[12]。用 Pearson 相关分析方法分析蚂蚁物种丰富度与环境因子(海拔、植被特征)的显著性水平, 得出两者相关性^[24]。

2 结果与分析

2.1 研究区蚂蚁物种的栖息生境与垂直分布

2.1.1 雅鲁藏布江河谷上游的蚂蚁物种 在雅鲁藏布河谷上游共发现蚂蚁 2 亚科 8 属 13 种。由表 2 可知: 该区域共有 4 类蚂蚁生境, 针阔混交林中蚂蚁物种丰富度最大, 有 10 种, 灌丛 6 种, 野桃 *Helicia obovatifolia* var. *mixta* 林 5 种, 草丛 4 种。在 13 个物种中, 箭蚁待种 1 *Cataglyphis* sp. 1 栖息于 4 类生境, 切胸蚁待种 1 *Temnothorax* sp. 1、西藏盘腹蚁 *Aphaenogaster tibetana* 和弓背蚁待种 2 *Camponotus* sp. 2 栖息于 3 类生境, 光亮黑蚁 *Formica candida*、莱曼蚁 *Formica lemani* 和弓背蚁待种 1 *Camponotus* sp. 1 栖息于 2 类生境, 其余 6 种仅栖息于 1 类生境。就垂直分布而言, 采集的 13 个蚂蚁物种中, 西藏盘腹蚁的海拔分布范围最广, 垂直高差达 1 585 m, 生态适应幅度较宽; 光亮黑蚁、箭蚁待种 1、切胸蚁待种 1 等 3 个种生态适应幅度中等, 其垂直高差为 1 000~1 499 m; 其余 9 种蚂蚁生态适应幅度为较窄和狭窄, 垂直高差为 0~999 m, 科氏红蚁 *Myrmica kozlovi* 等 6 个种仅分布于 1 个海拔高度上。

表 1 研究区样地概况

Table 1 Sample-plot situation for ant community investigation

样地位置	海拔/m	坡向	坡度/(°)	土壤类型	植被类型	乔木郁闭度	灌木盖度/%	草本盖度/%	地被物盖度/%	地被物厚度/cm
普兰县玛措木拉	5 216	东北	25	灰沙壤	草丛	0	40	55	55	0.5
普兰县马攸木村	5 011	南	20	黄沙壤	草丛	0	0	60	60	0.5
仲巴县咱个呢村	4 800	南	25	红沙壤	草丛	0	0	50	50	0.5
萨嘎县加加村	4 493	南	25	棕壤	草丛	0	0	60	60	0.5
昂仁县帕嘎村	4 265	西	20	灰沙壤	灌丛	0	20	80	80	0.5
拉孜县查务村	4 150	西北	20	灰沙壤	草丛	0	0	80	50	0.5
曲水县朗琼村	3 777	南	20	黄壤	草丛	0	5	80	80	0.5
桑日县吉雪村	3 555	东南	35	棕壤	野桃林	0.4	80	50	90	1.0~3.0
加查县热麦村	3 215	西南	25	黄壤	灌丛	0	70	30	80	1.0~2.0
米林县日旭村	3 008	西北	30	黄壤	针阔混交林	0.5	80	50	95	3.0~5.0
安多县唐古拉山口	5 243	东	15	紫沙壤	疏草丛	0	0	30	30	0.5
安多县土硕村	4 750	西南	25	黄沙壤	草丛	0	0	98	98	0.5~1.0
安多县托纠该拉	5 027	西南	25	紫红壤	草丛	0	0	70	70	0.5~1.0
安多县点泽口村	4 738	东南	30	黄沙壤	锦鸡儿矮灌丛	0	50	70	70	0.5~1.0
安多县森雀	4 764	东北	25	黄壤	草丛	0	0	80	80	0.5~1.0
那曲市沃尔堤村	4 499	西	15	黄沙壤	草丛	0	0	95	95	0.5~1.0
那曲市竹罗塘	4 764	西	20	灰沙壤	草丛	0	0	98	98	0.5~1.0
当雄县那隆多	4 501	东北	25	灰沙壤	草丛	0	0	95	95	0.5~1.0
当雄县彭纳村	4 265	北	35	灰沙壤	草丛	0	0	95	95	0.5~1.0
当雄县拉多村	4 509	西	25	黄沙壤	矮灌丛	0	40	95	95	0.5~1.0
当雄县夺来达	4 271	西南	30	黄沙壤	锦鸡儿灌丛	0	20	70	70	0.5~1.0
堆龙德庆区德庆村	4 006	南	35	黄沙壤	苦刺灌丛	0	40	80	80	0.5~1.0
堆龙德庆区典玛	3 724	西南	40	黄沙壤	草丛	0	10	70	70	0.5~1.0
达孜区日果	3 735	东北	45	黄壤	川滇野丁香灌丛	0	40	60	60	0.5~1.0
墨竹工卡县朗杰沙	3 997	东北	35	棕壤	锦鸡儿灌丛	0	30	100	100	0.5~1.0
墨竹工卡县赠村	4 254	北	30	棕壤	高山柳灌丛	0	70	100	100	0.5~1.0
墨竹工卡县强布大朗	4 527	东	30	棕壤	灌丛	0	25	100	100	0.5~1.0
墨竹工卡县夏玛日	4 741	东南	30	棕壤	杜鹃灌丛	0	30	100	100	0.5~1.0
工布江达县米拉山口	4 992	西北	25	棕壤	矮灌丛	0	30	95	100	0.5~1.0
工布江达县达木嘎	4 741	东	30	棕壤	灌丛	0	30	100	100	1.0~2.0
工布江达县波弄多	4 513	东南	40	棕壤	灌丛	0	60	95	90	1.0~2.0
工布江达县松多村	4 270	东北	35	棕壤	高山柳灌丛	0	70	100	100	1.0~2.0
工布江达县加色村	3 992	西北	42	棕壤	红桦林	0.5	30	90	100	2.0~3.0
工布江达县加兴村	3 744	北	45	棕壤	红桦林	0.6	30	90	100	3.0~4.0
工布江达县金村	3 498	东北	45	棕壤	高山栎林	0.5	25	60	100	2.0~3.0
工布江达县巴河	3 238	南	45	黄壤	高山栎林	0.4	30	80	100	2.0~3.0
巴宜区公仲村	3 030	西南	35	黄壤	高山栎林	0.5	20	40	100	2.0~3.0

说明：灌丛指多种灌木组成的灌丛，高于1.0 m，区别于单树种灌丛；矮灌丛指高于0.5 m，但低于1.0 m的灌丛；疏草丛指盖度小于10%的草丛。野桃*Helicia obovatifolia* var. *mixta*；锦鸡儿*Caragana sinica*；苦刺*Solanum deflexicarpum*；川滇野丁香*Leptodermis pilosa*；高山柳*Salix cupularis*；杜鹃*Rhododendron simsii*；红桦*Betula albosinensis*；高山栎*Quercus semecarpifolia*

2.1.2 青藏高原西南坡的蚂蚁物种 在青藏高原西南坡共发现蚂蚁 2 亚科 8 属 15 种。由表 3 可知：该区域共有 9 类蚂蚁生境，其中高山栎 *Quercus semecarpifolia* 林和锦鸡儿 *Caragana sinica* 灌丛蚂蚁物种丰富度最大，均 10 种，川滇野丁香 *Leptodermis pilosa* 灌丛 6 种，苦刺 *Solanum deflexicarpum* 灌丛和草丛均 5 种，红桦 *Betula albosinensis* 林和高山柳 *Salix cupularis* 灌丛均 4 种，灌丛和矮灌丛均 3 种。15 个物种中，

表 2 雅鲁藏布河谷上游蚂蚁物种的栖息生境和垂直分布

物种名称	标本采集频数				栖息生境数	海拔/m	垂直高差/m	生态适应幅度
	针阔混交林	灌丛	野桃林	草丛				
西藏盘腹蚁 <i>Aphaenogaster tibetana</i>	0	7	2	42	3	3 215~4 800	1 585	较宽
光亮黑蚁 <i>Formica candida</i>	0	43	0	8	2	3 215~4 493	1 278	中等
箭蚁待定种1 <i>Cataglyphis</i> sp.1	1	68	6	46	4	3 008~4 265	1 257	中等
切胸蚁待定种1 <i>Temnothorax</i> sp.1	13	1	0	5	3	3 008~4 150	1 142	中等
弓背蚁待定种1 <i>Camponotus</i> sp.1	3	0	1	0	2	3 008~3 555	547	较窄
弓背蚁待定种2 <i>Camponotus</i> sp.2	16	1	3	0	3	3 008~3 555	547	较窄
莱曼蚁 <i>Formica lemani</i>	22	1	0	0	2	3 008~3 215	207	狭窄
科氏红蚁 <i>Myrmica kozlovi</i>	0	0	1	0	1	3 555	0	狭窄
尖毛拟立毛蚁 <i>Paraparatrechina aseta</i>	3	0	0	0	1	3 008	0	狭窄
丝光蚁 <i>Formica fusca</i>	6	0	0	0	1	3 008	0	狭窄
铺道蚁待定种1 <i>Tetramorium</i> sp.1	2	0	0	0	1	3 008	0	狭窄
吉市红蚁 <i>Myrmica jessensis</i>	12	0	0	0	1	3 008	0	狭窄
棒结红蚁 <i>Myrmica bactriana</i>	24	0	0	0	1	3 008	0	狭窄
物种合计/种	10	6	5	4				

表 3 青藏高原西南坡蚂蚁物种的栖息生境和垂直分布

Table 3 Habitat and vertical distribution of ant species from southwest slope of Qinghai-Tibet Plateau														
物种名称	标本采集频数										栖息生境数	海拔/m	垂直高差/m	生态适应幅度
	A	B	C	D	E	F	G	H	I					
安宁弓背蚁 <i>Camponotus anningensis</i>	21	1	0	0	0	0	2	7	0	4	3 030~4 527	1 497	中等	
西藏盘腹蚁 <i>Aphaenogaster tibetana</i>	4	28	15	2	8	0	0	14	8	7	3 030~4 513	1 483	中等	
莱曼蚁 <i>Formica lemani</i>	28	16	4	46	0	0	0	0	0	4	3 030~4 271	1 241	中等	
阿尔宾切胸蚁 <i>Temnothorax alpinus</i>	22	5	12	0	0	0	0	0	0	3	3 030~4 271	1 241	中等	
丝光蚁 <i>Formica fusca</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3 030~4 271	1 241	中等	
阿富汗红蚁 <i>Myrmica afghanica</i>	2	10	0	0	0	3	0	0	6	4	3 498~4 509	1 011	中等	
科氏红蚁 <i>Myrmica kozlovi</i>	0	23	20	27	4	48	30	56	0	7	3 744~4 527	783	较窄	
光亮黑蚁 <i>Formica candida</i>	0	79	7	69	27	24	38	0	41	7	3 744~4 509	765	较窄	
满凹头蚁 <i>Formica manchu</i>	0	9	0	4	4	0	13	0	0	4	3 997~4 501	504	较窄	
吉市红蚁 <i>Myrmica jessensis</i>	2	0	0	0	0	3	0	0	0	2	3 498~3 992	494	狭窄	
艾箭蚁 <i>Cataglyphis aenescens</i>	0	0	18	0	11	0	0	0	0	2	3 735~4 006	271	狭窄	
尖毛拟立毛蚁 <i>Paraparatrechina aseta</i>	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3 030~3 238	208	狭窄	
棒结红蚁 <i>Myrmica bactriana</i>	19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3 030~3 238	208	狭窄	
塞奇盘腹蚁 <i>Aphaenogaster sagei</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3 997	0	狭窄	
铺道蚁待定种1 <i>Tetramorium</i> sp.1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3 030	0	狭窄	
物种合计/种	10	10	6	5	5	4	4	3	3					

说明：A. 高山栎林；B. 锦鸡儿灌丛；C. 川滇野丁香灌丛；D. 草丛；E. 苦刺灌丛；F. 红桦林；G.高山柳灌丛；H. 灌丛；I. 矮灌丛

西藏盘腹蚁、科氏红蚁和光亮黑蚁的栖息生境类型最多(7类), 安宁弓背蚁 *Camponotus anningensis*、莱曼蚁、阿富汗红蚁 *Myrmica afghanica* 和满凹头蚁 *Formica manchu* 栖息于4类生境; 阿尔宾切胸蚁 *Temnothorax alpinus* 栖息于3类生境; 丝光蚁 *Formica fusca*、吉市红蚁 *Myrmica jessensis* 和艾箭蚁 *Cataglyphis aenescens* 栖息于2类生境; 其余4种仅栖息于1类生境。就垂直分布而言, 采集的15个物种中, 有6个种的垂直高差为1 000~1 500 m, 生态适应幅度达到中等水平, 其中安宁弓背蚁的垂直高差最大(1 497 m), 西藏盘腹蚁次之(1 483 m)。科氏红蚁等3个种的垂直高差为500~1 000 m, 生态适应幅

度较窄；其余6种垂直高差为0~500 m，生态适应幅度窄，塞奇盘腹蚁 *Aphaenogaster sagei* 和铺道蚁待种1 *Tetramorium* sp. 1等2个种仅分布在1个海拔高度上。

2.2 研究区蚂蚁物种的觅食和筑巢场所

2.2.1 雅鲁藏布河谷上游的蚂蚁物种 由表4可知：雅鲁藏布河谷上游共发现6类觅食场所，不同场所中蚂蚁物种丰富度分别为：地表11种，石下和土壤内均7种，植物上6种，地被内4种，苔藓下3种。捕获的13个物种中，棒结红蚁 *Myrmica baccata* 和弓背蚁待种1在5类场所中觅食，箭蚁待种1 *Cataglyphis* sp. 1、光亮黑蚁、莱曼蚁和吉市红蚁在4类场所中觅食；在3类场所中觅食的蚂蚁有3种，弓背蚁待种2、尖毛拟立毛蚁 *Paraparatrechina aseta* 和铺道蚁待种1仅在1类场所中觅食。该区域共发现3类筑巢场所，不同场所蚂蚁物种丰富度分别为：石下巢10种、土壤巢2种、苔藓下巢1种。其中光亮黑蚁、箭蚁待种1和切胸蚁待种1可以在2种场所中筑巢，有7种蚂蚁仅在1类场所中筑巢，吉市红蚁、丝光蚁和铺道蚁待种1的筑巢场所在此次调查中暂未查明。

表4 雅鲁藏布河谷上游蚂蚁物种的觅食和筑巢场所

Table 4 Foraging places and nesting sites of ant species from upper Yarlung Zangbo Valley

物种名称	不同觅食场所标本捕获频数							不同筑巢场所标本捕获频数			
	地表	石下	土壤内	植物上	地被内	苔藓下	场所数/类	石下巢	土壤巢	苔藓下巢	场所数/类
棒结红蚁	15	0	2	3	2	1	5	1	0	0	1
弓背蚁待种1	12	2	2	1	1	0	5	2	0	0	1
箭蚁待种1	62	2	13	13	0	0	4	29	7	0	2
光亮黑蚁	21	3	4	1	0	0	4	20	2	0	2
莱曼蚁	10	2	0	3	2	0	4	4	0	0	1
吉市红蚁	8	1	2	0	1	0	4	0	0	0	0
切胸蚁待种1	15	1	0	0	0	1	3	1	0	1	2
西藏盘腹蚁	20	14	4	0	0	0	3	13	0	0	1
丝光蚁	3	0	2	0	0	1	3	0	0	0	0
弓背蚁待种2	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	1
尖毛拟立毛蚁	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1
铺道蚁待种1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
科氏红蚁	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
物种合计/种	11	7	7	6	4	3		10	2	1	

2.2.2 青藏高原西南坡的蚂蚁物种 由表5可知：青藏高原西南坡共发现9类觅食场所，不同场所蚂蚁物种丰富度分别为：地表14种，土壤内11种，石下10种，植物上5种，牛粪下和朽木内均2种，朽木下、地被内和苔藓下均只1种。在捕获的15个物种中，科氏红蚁能在9类场所中觅食，光亮黑蚁和安宁弓背蚁能在5类场所中觅食，在4类场所中觅食的蚂蚁有3种，在3类场所中觅食的蚂蚁有2种，在2类场所中觅食的蚂蚁有4种，吉市红蚁、塞奇盘腹蚁和铺道蚁待种1仅在1类场所中觅食。该区域共发现7类筑巢场所，不同场所蚂蚁物种丰富度分别为：石下巢12种，土壤巢11种，牛粪下巢4种，朽木内巢3种，朽木下巢、地被内巢和地表碎屑巢各1种。科氏红蚁可以在5种场所中筑巢，光亮黑蚁和安宁弓背蚁可在4种场所中筑巢，有3种蚂蚁可以在3类场所中筑巢，有4种蚂蚁可在2类场所中所筑巢，有3种蚂蚁仅在1类场所中筑巢，丝光蚁和铺道蚁待种1的筑巢场所暂未查明。

2.3 蚂蚁物种丰富度与环境因子的相关性分析

相关性分析表明：研究区蚂蚁物种丰富度与乔木郁闭度和灌木盖度呈极显著正相关 ($P < 0.01$)，与地被物厚度和海拔高度呈极显著负相关 ($P < 0.01$)，与草本盖度和地被物盖度相关性不显著 (表6)。

3 讨论与结论

从栖息生境来看，海拔3 008~5 216 m的雅鲁藏布河谷上游有4类生境，共发现蚂蚁13种，其中针阔混交林的物种最丰富(10种)；海拔3 030~5 243 m的青藏高原西南坡有9类生境，共发现蚂蚁15种，

表 5 青藏高原西南坡蚂蚁物种的觅食和筑巢场所

Table 5 Foraging places and nesting sites of ant species from southwest slope of Qinghai-Tibet Plateau																		
物种名称	不同觅食场所标本采获频数										不同筑巢场所标本采获频数							
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	场所数/类	j	k	l	m	n	o	p	场所数/类
科氏红蚁	34	6	25	1	2	2	2	3	1	9	35	10	1	5	0	1	0	5
光亮黑蚁	73	9	23	4	2	0	0	0	0	5	119	44	4	5	0	0	0	4
安宁弓背蚁	6	1	7	1	0	2	0	0	0	5	10	1	2	1	0	0	0	4
莱曼蚁	18	1	10	2	0	0	0	0	0	4	53	9	0	0	1	0	0	3
棒结红蚁	8	3	1	4	0	0	0	0	0	4	2	1	0	0	0	0	0	2
阿尔宾切胸蚁	27	2	1	0	0	1	0	0	0	4	5	3	0	0	0	0	0	2
满凹头蚁	2	1	3	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	21	3
西藏盘腹蚁	36	3	9	0	0	0	0	0	0	3	25	6	0	0	0	0	0	2
尖毛拟立毛蚁	3	5	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	1	0	0	0	0	3
艾箭蚁	10	0	1	0	0	0	0	0	0	2	13	5	0	0	0	0	0	2
阿富汗红蚁	14	1	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	1
丝光蚁	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
吉市红蚁	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
塞奇盘腹蚁	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
铺道蚁待种1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
物种合计	14	11	10	5	2	2	1	1	1		12	11	4	3	1	1	1	

说明：a. 地表；b. 土壤内；c. 石下；d. 植物上；e. 牛粪下；f. 朽木内；g. 朽木下；h. 地被内；i. 苔藓下。j. 石下巢；k. 土壤巢；l. 牛粪下巢；m. 朽木内巢；n. 朽木下巢；o. 地被内巢；p. 地表碎屑巢

其中高山栎林和锦鸡儿灌丛的物种最丰富 (均为 10 种)。分析可知：雅鲁藏布河谷上游只有 1 个垂直带，青藏高原西南坡包含唐古拉山口南坡、米拉山口西坡和米拉山口东坡等 3 个垂直带组成，生境类型相对丰富，为蚂蚁提供了更多的栖息空间。相关性分析表明：研究区蚂蚁物种丰富度与乔木郁闭度和灌木盖度呈极显著正相关 ($P<0.01$)，与地被物厚度和海拔高度呈极显著负相关 ($P<0.01$)；原因是丰富的乔木和灌木能为蚂蚁提供更多的生存空间，同时研究区降水量较高，地被物过厚，地被物中水分含量较高，不适合蚂蚁生存，造成蚂蚁物种丰富度降低。结合前人研究可知：低海拔区域树种丰富，植被状况良好，通常物种更加丰富^[14-15]，受气温影响，高海拔区域植被状况不理想，植被类型以灌丛和草丛居多，相应地，物种丰富度也有所降低^[11-12]。可见，影响研究区蚂蚁物种分布的主要因素是海拔和气温，其次为植被类型和植被状况。

从垂直分布来看，雅鲁藏布河谷上游以西藏盘腹蚁的垂直分布范围最宽，分布于 3 215~4 800 m 处，垂直高差达 1 585 m，生态适应幅度较宽。青藏高原西南坡以安宁弓背蚁垂直分布范围最宽，分布于 3 030~4 527 m 处，垂直高差达 1 497 m，生态适应幅度中等。这与前人在藏东南和喜马拉雅地区报道的结果并不一致，如色季拉山垂直分布范围最宽的是史密西红蚁 *Myrmica smythiesii*，达 2 227 m^[12]；德姆拉山东坡和察隅河谷垂直分布范围最宽的是棒结红蚁，达 2 750 m^[15]；嘎隆拉山南坡和墨脱河谷垂直分布范围最宽的是塞奇大头蚁 *Pheidole sagei*，达 4 764 m^[14]；喜马拉雅山珠峰段垂直分布范围最宽的是西藏盘腹蚁，达 1 192 m^[16]。可见在不同地区，生态适应幅度最宽的蚂蚁物种并不相同，垂直分布范围也不相同，蚂蚁群落结构存在差异^[17, 25]。

进一步分析发现，雅鲁藏布河谷上游蚂蚁垂直分布最高海拔是 4 800 m，青藏高原西南坡是 4 527 m；而在海拔更高的雅鲁藏布河谷源头区普兰县玛措木拉 (海拔 5 216 m) 和青藏高原西南坡安多县唐古拉山口 (海拔 5 243 m) 及其附近区域，由于垭口区域风速高、气温低、湿度过大，不适宜蚂蚁栖息^[13-14, 16]，

表 6 蚂蚁物种丰富度与环境因子之间的关系

Table 6 Relationship between ant species richness and environmental factors						
	海拔	乔木郁闭度	灌木盖度	草本盖度	地被物盖度	地被物厚度
物种丰富度	-0.868**	0.555**	0.467**	-0.305	0.235	-0.584**

说明：**表示在0.01水平上显著相关

目前尚未发现蚂蚁分布。相比之下,雅鲁藏布河谷上游蚂蚁垂直分布上限比青藏高原西南坡高出 273 m,原因可能是雅鲁藏布河谷上游靠近喜马拉雅山脉,纬度较低,受南来的印度暖湿气流影响^[9-10],气温相对较高,有利于提高蚂蚁生存;如位于西藏自治区噶尔县门士乡索多垭口,受这种特殊地理环境影响,蚂蚁的垂直分布最高可达 5 183 m^[26];而青藏高原西南坡远离喜马拉雅山脉,纬度较高,南方的暖湿气流难以到达,气温相对较低,限制了蚂蚁的垂直分布。

从觅食来看,雅鲁藏布河谷上游只有 1 个垂直带,共发现 6 类觅食场所,青藏高原西南坡包含唐古拉山口南坡、米拉山口西坡和米拉山口东坡等 3 个垂直带,共发现 9 类觅食场所。2 个区域的蚂蚁物种均以地表觅食为主,土壤内、石下觅食的蚂蚁相对较多。这与在藏东南工布自然保护区^[11]、藏东南德姆拉山西坡及波密河谷^[13]、喜马拉雅山珠峰段^[16]等研究结论一致,表明以草丛和灌丛为主的高海拔地区,植被结构相对简单,地表开阔,更方便蚂蚁获取食物资源。同时,不同种类蚂蚁的觅食场所也不尽相同,有的可以在多类场所觅食,表现出很强的适应性;有的则仅在 1 类或少数场所内觅食,觅食能力较弱。

从筑巢来看,雅鲁藏布河谷上游共发现 3 类筑巢场所,青藏高原西南坡共发现 7 类筑巢场所;2 个区域蚂蚁均以石下筑巢为主、土壤内筑巢次之,与藏东南工布自然保护区^[11]、藏东南德姆拉山西坡及波密河谷^[13]等地的调查结果一致。青藏高原地面石块遍布,坚固且具有较好的导热性,可有效保护蚁巢,土壤内环境较稳定,受气温影响相对较小^[14-15],而稳定和保暖是蚂蚁选择筑巢场所的主要因素。本研究还发现:多数蚂蚁物种仅在有限的场所内筑巢,能在多类场所筑巢的物种很少。

本研究在雅鲁藏布河谷上游和青藏高原西南坡共记录蚂蚁 2 亚科 8 属 19 种,其中雅鲁藏布河谷上游 2 亚科 8 属 13 种,青藏高原西南坡 2 亚科 8 属 15 种。研究区域蚂蚁以耐寒种类为主,缺乏耐热物种;物种丰富度与乔木郁闭度和灌木盖度呈极显著正相关($P < 0.01$),与地被物厚度和海拔高度呈极显著负相关($P < 0.01$),与草本盖度和地被物盖度相关性不显著。蚂蚁对栖息生境的选择不尽相同,地表是主要的觅食场所,大部分蚂蚁以石下和土壤内作为筑巢场所。蚂蚁物种的分布主要受海拔和生境状况影响,食物资源、环境稳定性和热量获取是影响蚂蚁选择生境、觅食和筑巢场所的主要因素。本研究基本明确了雅鲁藏布河谷上游和青藏高原西南坡蚂蚁种类及其分布规律,为青藏高原生物多样性保护积累了科学数据。

4 参考文献

- [1] WILSON E O. The social biology of ants [J]. *Ann Rev Entomol*, 1963, **8**: 345 – 368.
- [2] 徐正会. 西双版纳自然保护区蚁科昆虫生物多样性研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002.
XU Zhenghui. *A Study on the Biodiversity of Formicidae Ants of Xishuangbanna Nature Reserve* [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2002.
- [3] MAYR G. Insecta in itinere CL. Przewalskii in Asia centrali novissime lecta. XVII. Formiciden aus Tibet [J]. *Trudy Russkogo Entomologicheskogo Obshchestva*, 1890, **24**: 278 – 280.
- [4] FOREL A. Les fourmis de L'Himalaya [J]. *Bull Soc Vaud Sci Nat*, 1906, **42**: 79 – 94.
- [5] DONISTHORPE H. The Formicidae (Hymenoptera) taken by Major R. W. G. Hingston, M. C., I. M. S. (ret.), on the Mount Everest Expedition, 1924 [J]. *Ann Mag Nat Hist*, 1929, **23**(4): 444 – 449.
- [6] EIDMANN H. Zur ökologie und zoogeographie der ameisenfauna von Westchina und Tibet, wissenschaftliche ergebnisse der 2. brooke dolan-expedition, 1934 – 1935 [J]. *Zeitschrift Für Morphologie Und Ökologie Die Tiere*, 1941, **38**(1): 1 – 43.
- [7] DLUSSKY G M. Ants of the genus *Formica* L. of Mongolia and northeast Tibet [J]. *Ann Zool*, 1965, **23**(3): 15 – 43.
- [8] KOHOUT R J. *Polyrhachis lama*, a new ant from the Tibetan Plateau (Formicidae: Formicinae) [J]. *Mem Queensland Museum*, 1994, **35**(1): 137 – 138.
- [9] 唐觉, 李参. 膜翅目: 蚁科[M]//中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏昆虫. 北京: 科学出版社, 1982: 371 – 374.
TANG Jue, LI Shen. Hymenoptera: Formicidae [M]//Tibetan Plateau Comprehensive Research Team. *Insects of Tibet*. Beijing: Science Press, 1982: 371 – 374.
- [10] 周善义. 膜翅目: 蚁科[M]//杨星科. 西藏雅鲁藏布大峡谷昆虫. 北京: 中国科学技术出版社, 2004: 115 – 120.
ZHOU Shanyi. Hymenoptera: Formicidae [M]//YANG Xingke. *Insects of the Great Yarlung Zangbo Canyon of Tibet*,

- China. Beijing: China Science and Technology Press, 2004: 115 – 120.
- [11] 徐正会, 褚姣姣, 张成林, 等. 藏东南工布自然保护区的蚂蚁种类及分布格局[J]. *四川动物*, 2011, **30**(1): 118 – 123.
XU Zhenghui, CHU Jiaojiao, ZHANG Chenglin, *et al.* Ant species and distribution pattern in Gongbo Nature Reserve in southeastern Tibet [J]. *Sichuan J Zool*, 2011, **30**(1): 118 – 123.
- [12] 于娜娜, 徐正会, 张成林, 等. 藏东南色季拉山蚂蚁物种的分布格局[J]. *北京林业大学学报*, 2011, **33**(5): 75 – 80.
YU Nana, XU Zhenghui, ZHANG Chenglin, *et al.* Distribution patterns of ant species from Mount Sejila, southeastern Tibet [J]. *J Beijing For Univ*, 2011, **33**(5): 75 – 80.
- [13] 刘霞, 徐正会, 张成林, 等. 藏东南德姆拉山西坡及波密河谷蚂蚁分布格局[J]. *西北林学院学报*, 2012, **27**(4): 77 – 82.
LIU Xia, XU Zhenghui, ZHANG Chenglin, *et al.* Distribution patterns of ants from west slope of Mount Demula and Bomi Valley in southeast Tibet [J]. *J Northwest For Univ*, 2012, **27**(4): 77 – 82.
- [14] 刘霞, 徐正会, 于娜娜, 等. 藏东南嘎隆拉山及墨脱河谷蚂蚁物种的分布格局[J]. *林业科学*, 2016, **52**(11): 88 – 95.
LIU Xia, XU Zhenghui, YU Nana, *et al.* Distribution patterns of ant species (Hymenoptera: Formicidae) in Galongla Mountains and Medog Valley of southeast Tibet [J]. *Sci Silv Sin*, 2016, **52**(11): 88 – 95.
- [15] 张成林, 徐正会, 于娜娜, 等. 藏东南德姆拉山东坡及察隅河谷蚂蚁物种的分布格局[J]. *东北林业大学学报*, 2012, **40**(3): 87 – 92.
ZHANG Chenglin, XU Zhenghui, YU Nana, *et al.* Distribution patterns of ant species on east slope of Mount Demola and Zayu Valley in southeast Tibet [J]. *J Northeast For Univ*, 2012, **40**(3): 87 – 92.
- [16] 李文琼, 徐正会, 周雪英, 等. 喜马拉雅山珠峰段蚂蚁物种的分布格局[J]. *环境昆虫学报*, 2017, **39**(5): 1054 – 1062.
LI Wenqiong, XU Zhenghui, ZHOU Xueying, *et al.* Distribution patterns of ant species from Mount Everest section of Mt. Himalaya [J]. *J Environ Entomol*, 2017, **39**(5): 1054 – 1062.
- [17] 熊忠平, 钱昱含, 徐正会, 等. 祁连山国家公园青海片区蚂蚁物种的分布格局[J]. *东北林业大学学报*, 2020, **48**(11): 92 – 97, 104.
XIONG Zhongping, QIAN Yuhuan, XU Zhenghui, *et al.* Distribution patterns of ant species from Qinghai part of Qilian Mountain National Park [J]. *J Northeast For Univ*, 2020, **48**(11): 92 – 97, 104.
- [18] 李巧, 陈又清, 徐正会. 蚂蚁群落研究方法[J]. *生态学杂志*, 2009, **28**(9): 1862 – 1870.
LI Qiao, CHEN Youqing, XU Zhenghui. Research methods on ant community [J]. *Chin J Ecol*, 2009, **28**(9): 1862 – 1870.
- [19] 唐觉, 李参, 黄恩友, 等. 中国经济昆虫志: 第47册[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
TANG Jue, LI Shen, HUANG Enyou, *et al.* *Economic Insect Fauna of China: Vol. 47* [M]. Beijing: Science Press, 1995.
- [20] 吴坚, 王常禄. 中国蚂蚁[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
WU Jian, WANG Changlu. *The Ants of China* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995.
- [21] 周善义. 广西蚂蚁[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 2001.
ZHOU Shanyi. *Ants of Guangxi* [M]. Guilin: Guangxi Normal University Press, 2001.
- [22] 王维, 沈作奎, 赵玉宏. 湖北省蚁科昆虫分类研究(昆虫纲: 膜翅目: 蚁科) [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2009.
WANG Wei, SHEN Zuokui, ZHAO Yuhong. *A Taxonomic Study on the Family Formicidae from Hubei Province (Insecta: Hymenoptera: Formicidae)* [M]. Wuhan: China University Geosciences Press, 2009.
- [23] BINGHAM C T. Hymenoptera, Vol. II: Ants and cuckoo-wasps [M]//BLANFORD W T. *The Fauna of British India, including Ceylon and Burma*. London: Taylor and Francis, 1903.
- [24] BIHN J H, GEBAUER G, BRANDL R. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests [J]. *Ecology*, 2010, **91**(3): 782 – 792.
- [25] 翟奖, 钱昱含, 徐正会, 等. 四川鞍子河自然保护区蚂蚁物种的分布格局[J]. *森林与环境学报*, 2020, **40**(6): 612 – 618.
ZHAI Jiang, QIAN Yuhuan, XU Zhenghui, *et al.* Distribution patterns of ant species in the Anzihe Nature Reserve of Sichuan Province [J]. *J For Environ*, 2020, **40**(6): 612 – 618.
- [26] 徐正会, 杨比伦, 刘霞, 等. 西藏蚂蚁区系及物种多样性研究[J]. *西南林业大学学报*, 2021, **41**(1): 1 – 16.
XU Zhenghui, YANG Bilun, LIU Xia, *et al.* Ant fauna and species diversity of Tibet [J]. *J Southwest For Univ*, 2021, **41**(1): 1 – 16.